Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 403-415

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 415-403

پاسخ توده‌های بومی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) به کاربرد بیوچار در شرایط کم‌آبیاری

زهرا بیطرفان[1]، حمیدرضا اصغری[2*]، طاهره حسنلو[3]، احمد غلامی[2] و فواد مرادی[3]

تاریخ دریافت: 1396/06/29
تاریخ پذیرش: 1396/10/11

بیطرفان، ز.، اصغری، ح.ر.، حسنلو، ط.، غلامی، ا.، و مرادی، ف. 1398. پاسخ توده‌های بومی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) به کاربرد بیوچار در شرایط کم‌آبیاری. بوم‌شناسی کشاورزی، 11(2): 415-403.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد بیوچار بر رشد و عملکرد توده‌های بومی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در شرایط کم‌آبیاری، آزمایشی در سال 1394 در مزرعه تحقیقاتی پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران در شهر کرج اجرا گردید. بدین منظور شش توده بومی پاکوتاه دزفول، شوشتر، اردستان، رهنان، یزد و خمینی‌شهر در شرایط عدم‌کاربرد و کاربرد بیوچار در دو دور آبیاری 4 و 8 روز با استفاده از آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد کاربرد بیوچار در هر دو دور آبیاری عملکرد دانه، وزن صد دانه و تعداد شاخه اصلی و فرعی در بوته را افزایش می‌دهد. با وجود پاسخ متفاوت توده‌ها، اثر کاهشی افزایش دور آبیاری بر عملکرد دانه، وزن صد دانه، ارتفاع بوته و تعداد شاخه اصلی و فرعی در بوته در تمام توده‌ها مشاهده شد. میانگین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارها قرار نگرفتند. روند مشابه تغییرات وزن صد دانه و عملکرد دانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که کاربرد بیوچار عملکرد را با افزایش وزن دانه، تا با افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، افزایش داده است. در میان توده‌ها، رهنان بیشترین عملکرد دانه، وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تنش خشکی، عملکرد دانه

مقدمه

واژه بیوچار مربوط به پیشرفت نسبتاً جدیدی است که در ارتباط با مسائل مربوط به مدیریت خاک و ترسیب کربن[2] پدیدار شده است. به عبارت ساده، بیوچار محصولی غنی از کربن است که از حرارت دیدن زیست توده‌هایی نظیر چوب، کود دامی یا برگ، در یک محفظه دربسته، بدون هوای در دسترس یا حاوی مقادیر کم آن حاصل می‌گردد. به لحاظ تخصصی‌تر، بیوچار به اصطلاح از تجزیه حرارتی[3] مواد آلی تحت منابع محدود اکسیژن و در دماهای نسبتا پایین (کمتر از 700 درجه سانتی‌گراد) حاصل می‌گردد (Lehmann et al., 2006). این فرآیند اغلب تولید ذغال چوب که یکی از قدیمی‌ترین تکنولوژی‌های صنعتی توسعه یافته توسط انسان است را منعکس می‌کند (Harris, 1999). بیوچار با این حقیقت که با هدف کاربرد در خاک به عنوان ابزاری برای بهبود بهره‌وری خاک، ذخیره‌سازی کربن، و تصفیه آب خاک تولید می‌گردد، از ذغال چوب و مواد مشابه متمایز می‌گردد. برخلاف بیوچار حاصل از سوخت ناقص که غنی از کربن

1و 2- به‌ترتیب دانشجوی دکترا و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
3- استادیار گروه فیزیولوژی مولکولی، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: hamidasghari@gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v11i2.67531

2- Carbon sequestration
3- Thermal decomposition

آلی است، سوختن[1] کامل زیست‌توده در آتش تولید خاکستر می‌کند که عمدتاً شامل عناصری نظیر کلسیم یا منیزیم و کربنات‌های غیر آلی می‌باشد. در بیشتر آتش‌سوزی‌ها، تنها بخش کوچکی از پوشش گیاهی در مناطقی با منابع اکسیژن محدود به طور ناقص می‌سوزد و به صورت ذغال باقی می‌ماند (Kuhlbus & Crutzen, 1995).

در سال‌های اخیر بیوچار به دلیل تأثیر در کاهش تغییرات اقلیمی از طریق ترسیب کربن، بهبود خصوصیات و عملکردهای خاک و همچنین افزایش عملکرد در محصولات زراعی، به طور فزاینده‌ای در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lehman, 2007; Sohi et al., 2010). کاربرد بیوچار در خاک یک عملیات قدیمی بومی کشاورزی است که اخیراً پس از مطالعه زمین‌های تیره دست‌خورده بشر در آمازون (Terra preta de indio) دوباره مورد توجه قرار گرفته است. این زمین‌ها با وجود قرار داشتن در منطقه‌ای که میزان آبشویی و سرعت تجزیه مواد آلی بسیار بالاست، بسیار حاصلخیز هستند (Lehmann et al., 2003). مطالعات زیادی نشان داده‌اند که بیوچار می‌تواند از طریق بهبود خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک نظیر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک (Glaser et al., 2002; Lehmann & Rondon, 2006; Yamato et al., 2006; Brodowski et al., 2007; Atkinson et al., 2010; Lehmann et al., 2011) سبب کاهش میزان آب آبیاری مصرفی و همچنین افزایش محصول گردد (Streubel et al., 2011).

ایران علاوه بر خشک بودن کشوری مستعد خشکسالی است و میزان خسارت خشکسالی به علت کاهش سرانه آب قابل دسترس ناشی از افزایش جمعیت، تغییر اقلیم، بهره‌برداری بیش ازحد و کاهش کیفی منابع آب موجود در حال افزایش است. ازآنجایی‌که در حال حاضر هیچ راه منطقی برای افزایش نزولات جوی در طول دوره‌های خشکی وجود ندارد، لذا بهترین راه مقابله با خشکی به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب و استفاده از ارقامی است که تحمل بیشتری به خشکی داشته باشند (Ahmadi & Javidfar, 2000). کارایی مصرف آب تا حد زیادی به مدیریت محصول و عناصر غذایی وابسته است (Angus & Van Herwaarden, 2001; Hatfield et al., 2001). بسته به نوع محصول، در کشاورزی دیم کارایی مصرف آب بین 0/25 تا 1/5 کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد، درحالی‌که در کشاورزی آبی این مقدار بین 0/5 تا 1/7 کیلوگرم در مترمکعب است (Howell, 2001; Deng et al., 2006). کارایی مصرف آب در هر دو کشاورزی آبی و دیم لازم است به‌طور پایداری افزایش یابد اگر همچنان تقاضای فزاینده‌ای برای غذا و سوخت وجود داشته باشد (Oki & Kanae, 2006). بنابراین، افزودن بیوچار به خاک می‌تواند گزینه مناسبی برای رفع مشکل کم‌آبی در ایران در نظر گرفته شود، ترکیبی که ضمن افزایش کارایی مصرف آب و کاهش تلفات آن، به خاک و محیط‌زیست هم آسیبی وارد نمی‌نماید.

خصوصیات بیوچار بسته به ماده اولیه و تکنولوژی کاربردی در تولید آن متفاوت خواهد بود به عبارتی به دلیل ترکیب متفاوت عناصر در مواد اولیه متفاوت و به دنبال آن پاسخ‌های متفاوت طی فرآیند تجزیه حرارتی دامنه‌ای از بیوچارها با خصوصیات متفاوت ایجاد می‌شود. با انتخاب منبع صحیح بیوچار و میزان مناسب مورد استفاده می‌توان ظرفیت نگهداری آب را به راحتی در کنار سایر مزایای بیوچار افزایش داد. در سال 2006 بر اساس میزان تولید شالیزارها، میزان ضایعات حاصل از تولید برنج در آسیا تقریباً 623 میلیون تن کاه و کلش برنج و 125 میلیون تن سبوس برنج با شاخص برداشت 0/5 و نسبت پوسته به برنج 0/2 تخمین زده شد (FAO, 2006). این در حالی است که استفاده از این بقایای کشاورزی به‌منظور تولید بیوچار نه تنها منجر به افزایش حاصلخیزی خاک می‌گردد، بلکه به‌عنوان روشی هوشمندانه جهت بازیافت مواد آلی و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن نیز می‌باشد (Sohi et al., 2010). با توجه به این که برنج یکی از محصولات مهم و استراتژیک در ایران می‌باشد بنابراین بقایای حاصل از آن می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید بیوچار باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده تحقیق حاضر به بررسی تأثیر کاربرد بیوچار سبوس برنج (*Oriza sativa* L.) بر رشد و عملکرد توده‌های بومی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در دو دور آبیاری متفاوت می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی پاسخ توده‌های بومی شنبلیله به کاربرد بیوچار در دورهای مختلف آبیاری آزمایشی در سال 1394 در مزرعه تحقیقاتی پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران در شهر کرج (موقعیت جغرافیایی 35 درجه و 59 دقیقه شمالی، 50 درجه و 75 دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا 1321 متر) اجرا گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (آبیاری

1- Burn

به عنوان عامل اصلی و ترکیبات بیوچار و توده بومی به‌عنوان عامـل فرعی) با سه تکرار اجرا گردید. شش توده بومی پاکوتاه شـنبلیله (1- دزفول ، 2- شوشتر، 3- اردستان، 4- رهنان، 5- یـزد و 6- خمینـی شهر)، دو سطح بیوچار (عدم کاربرد و کاربرد بـه میـزان 8-7 درصـد وزن حجمی خاک تا عمق 30 سانتی‌متر) و دو سطح آبیاری (آبیـاری کامل و افزایش دور آبیاری از 50 درصد گلدهی) بدین منظور در نظر گرفته شدند.

توده‌های بومی شنبلیله از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری و شش توده بومی پاکوتاه فوق برای این آزمایش انتخاب شدند. ماده آلی اولیه جهت تهیه بیوچار در این آزمایش سبوس برنج در نظر گرفتـه شـد و بیوچار آن از حرارت غیر مستقیم سبوس بـرنج در کـوره در دانشـگاه صنعتی شاهرود تولید شد که به میزان 8-7 درصد وزن حجمی خاک در لایه بالایی خاک و در عمق حدود پنج سانتی‌متر زیـر بـذر مـورد استفاده قرار گرفت. تیمار دور آبیاری با افزایش دور از چهار به هشت روز از مرحله 50 درصد گلدهی اعمال شد. آزمایش در بازه زمانی 20 اردیبهشت ماه تا 20 آبان ماه به طول انجامید. هـر کـرت آزمایشـی شامل چهار خط چهار متری با فاصله خطوط 50 سانتی‌متر و فاصـله بوته روی خط چهار سانتی‌متر بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و دو خط میانی آن برای نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفت. ده بوته از هر کرت آزمایشی جهت نمونه‌برداری و بررسی صفات استفاده شد. ارتفاع بوته، عملکرد در متر مربع، وزن صد دانـه، میانگین تعداد غلاف در بوته، میانگین تعداد دانـه در غـلاف و تعـداد شاخه فرعی و اصلی در بوته اندازه گیری شد.

خصوصیات خاک مزرعه و بیوچار مورد استفاده و همچنین شرایط آب و هوایی منطقه در طول دوره آزمایش به ترتیب در جدول شماره 1 و 2 نشان داده‌شده است.

جدول 1- خصوصیات خاک مزرعه محل آزمایش و بیوچار سبوس برنج تهیه شده
Table 1- Properties of soil in experimental field and prepared rice husk biochar

خاک Soil		بیوچار Biochar	
اسیدیته pH	8.1	اسیدیته pH (1:5)	7.8
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds m^{-1})	2.42	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (1:5) (ds m^{-1})	2.2
آهک کل (%) TNV (%)	8.7	آهک کل (٪) TNV (%)	5.1
نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	0.05	نیتروژن (درصد) N (%)	0.79
کربن آلی (درصد) OC (%)	0.37	کربن آلی (درصد) OC (%)	8.43
فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P (mg kg^{-1})	11.4	فسفر (درصد) P (%)	0.13
پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K (mg kg^{-1})	198	پتاسیم (درصد) K (%)	0.84
سیلت (درصد) Silt (%)	35	کلسیم (درصد) Ca (%)	0.5
رس (درصد) Clay (%)	26	سدیم (درصد) Na (%)	0.09
شن (درصد) Sand (%)	39	منیزیم (درصد) Mg (%)	1.03
بافت Texture	لومی Loamy		

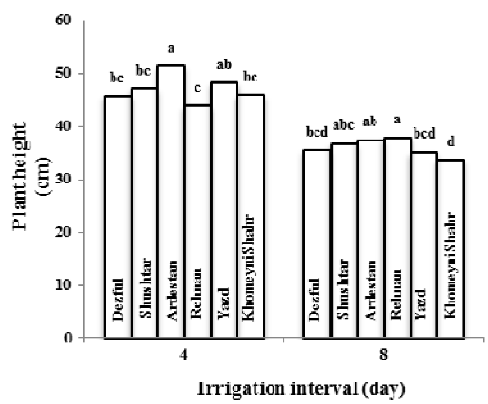
جدول 2- شرایط آب و هوایی منطقه در طول دوره آزمایش
Table 2- Weather condition during the experiment period

ماه **Month**	میانگین حداکثر دما (درجه سلسیوس) **Minimum temperature (°C)**	میانگین حداقل دما (درجه سلسیوس) **Maximum temperature (°C)**	مجموع بارندگی (میلی‌متر) **Total precipitation (mm)**	میانگین رطوبت نسبی (٪) **Average relative humidity (%)**
اردیبهشت April-May	27.5	12.4	2	32.2
خرداد May-June	34.2	17.7	7.5	29.4
تیر June-July	37.2	20.8	2.6	28.5
مرداد July-August	36.3	20.7	0	26.8
شهریور August-September	31	16.7	4.4	42.4
مهر September-October	25.9	13.1	3.5	42.7
آبان October-November	14.9	6.9	77.4	68.4

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (9.2) SAS و مقایسه میانگین اثرات اصلی با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اثرات متقابل برش دهی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LS means صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته: نتایج حاصل نشان داد ارتفاع بوته و تعداد شاخه اصلی و فرعی تحت تأثیر اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. در بین اثرات متقابل دوگانه تیمارهای آزمایشی تنها اثر متقابل آبیاری و توده بر ارتفاع گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها افزایش دور آبیاری از 4 به 8 روز میانگین ارتفاع بوته در توده‌های دزفول، شوشتر، اردستان، رهنان، یزد و خمینی‌شهر را به ترتیب به میزان 22/42، 22/01، 27/23، 13/66، 27/13 و 26/62 درصد کاهش داد (شکل 1).



شکل 1- مقایسه میانگین ارتفاع بوته (سانتی‌متر) شنبلیله تحت تأثیر آبیاری و توده

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. حروف نشان‌دهنده مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی می‌باشد

Fig. 1- Interaction effect of landrace and irrigation interval on plant height (cm) of fenugreek

Means followed by the same letter are not significantly different (p<0.05). The letters shows sliced mean comparisons

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات آبیاری، بیوچار و توده بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ی اصلی در بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه شنبلیله

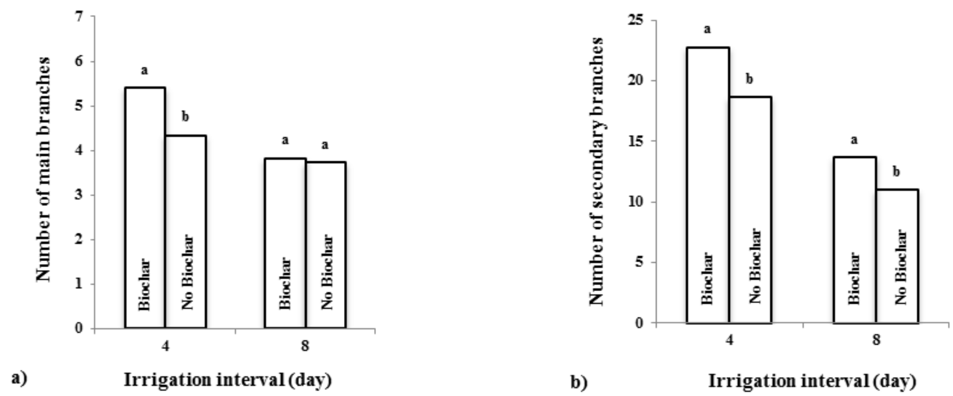
Table 3- Analysis of variance for the effects of irrigation, biochar and landrace on plant height, No. of main branches, No. of secondary branches, pod No./plant, seed No./pod, 100-seed weight and seed yield fenugreek

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه‌ی اصلی در بوته No. of main branches	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches	تعداد غلاف در بوته Pod No./Plant	تعداد دانه در غلاف Seed No. Pod $^{-1}$	وزن صد دانه 100-seed weight	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication (R)	2	18.11^{ns}	0.05^{ns}	0.23^{ns}	4.29^{ns}	39.84^{**}	0.01^{ns}	905.02^{*}
آبیاری Irrigation (I)	1	2163.39^{**}	21.56^{**}	1255.005^{**}	1658.88^{**}	138.88^{**}	1.34^{**}	76590.77^{**}
آبیاری×تکرار R×I	2	4.49	0.003	0.15	13.80	14.50	0.01	217.28
بیوچار Biochar (B)	1	0.97^{ns}	4.20^{**}	207.40^{**}	363.60^{**}	48.02^{**}	0.51^{**}	16174.05^{**}
توده Landrace (L)	5	31.05^{**}	9.92^{**}	4.99^{**}	1528.16^{**}	42.90^{**}	0.18^{**}	12981.03^{**}
بیوچار×آبیاری I×B	1	6.54^{ns}	6.12^{**}	9.53^{**}	0.93^{ns}	5.78^{ns}	0.10^{*}	1135.56^{*}
توده×بیوچار B×L	5	9.06^{ns}	0.20^{ns}	0.14^{ns}	0.45^{ns}	1.08^{ns}	0.002^{ns}	413.10^{ns}
توده×آبیاری I×L	5	24.47^{*}	1.91^{**}	0.65^{**}	8.67^{ns}	1.62^{ns}	0.04^{*}	1132.62^{*}
توده× بیوچار×آبیاری I×B×L	5	3.21^{ns}	0.15^{ns}	0.11^{ns}	4.89^{ns}	2.49^{ns}	0.002^{ns}	414.09^{ns}
خطا Error	44	7.57	0.08	0.15	3.68	4.79	0.01	224.57
ضریب تغییرات C.V (%)	-	6.63	6.83	2.42	5.86	18.29	10.98	14.37

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار می‌باشد

*, ** are significant at 5 and 1%, respectively, and ns is not significant

در بین اثرات متقابل دوگانه تیمارهای آزمایشـی، اثـرات متقابـل آبیاری و بیوچار و همچنین آبیاری و توده بـر تعـداد شـاخه اصـلی و فرعی در سطح یک درصد معنی‌دار شـد (جـدول 3). نتـایج مقایسـه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد بیوچار تعداد شاخه اصلی و فرعـی را به ترتیب به میزان 19/75 و 18/13 درصد در دور آبیاری چهار روز و به ترتیب به میزان 2/61 و 19/52 درصد در دور آبیـاری هشـت روز افزایش داد (شکل 2). افزایش دور آبیاری تعداد شاخه اصلی در بوته را در توده‌های دزفول، شوشتر، اردستان، رهنان، یزد و خمینی شهر بـه ترتیـب بـه میـزان 6/18، 7/92، 31/84، 16/66، 24/22 و 32/97 درصد کاهش داد. این کـاهش در رابطـه بـا تعـداد شـاخه فرعـی در توده‌های مذکور به ترتیب به میزان 40/54، 39/09، 40/99، 39/83، 40/89 و 40/88 درصد بود (شکل 3).

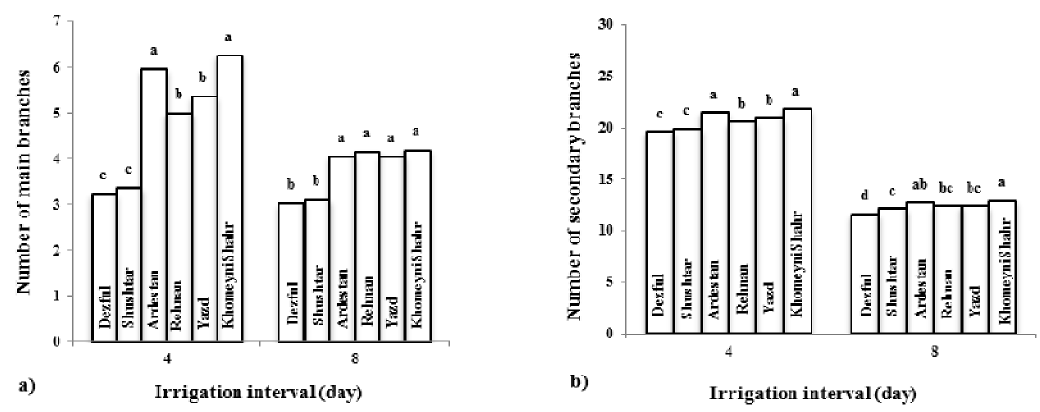


شکل 2- مقایسه میانگین a) تعداد شاخه اصلی و b) تعداد شاخه فرعی در بوته شنبلیله تحت تأثیر آبیاری و بیوچار

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد ندارند. حروف نشان‌دهنده مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی می‌باشد.

Fig. 2- Interaction effect of biochar and irrigation interval on number of a) main and b) secondary branches of fengureek

Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$). The letters shows sliced mean comparisons.



شکل 3- مقایسه میانگین a) تعداد شاخه اصلی و b) تعداد شاخه فرعی در بوته شنبلیله تحت تأثیر آبیاری و توده

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد ندارند. حروف نشان‌دهنده مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی می‌باشد.

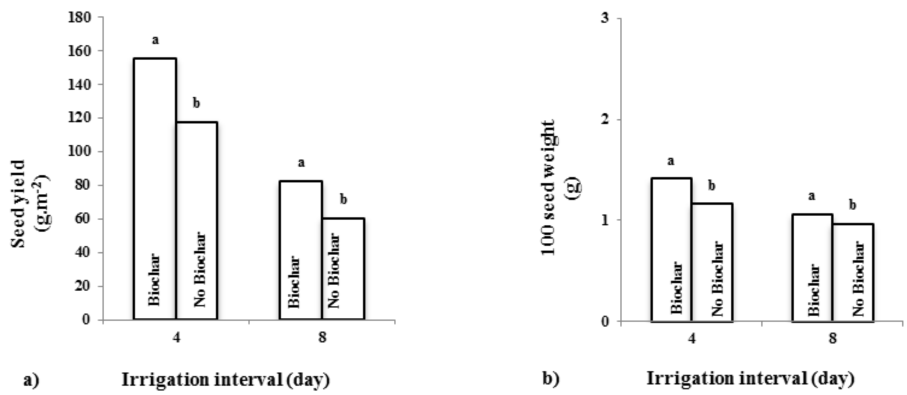
Fig. 3- Interaction effect of landrace and irrigation interval on number of a) main and b) secondary branches of fenugreek

Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$). The letters shows sliced mean comparisons.

در میان توده‌ها، اردستان با میانگین ارتفاع بوته 44/3 سانتی‌متر و خمینی‌شهر با میانگین ارتفاع بوتـه 39/7 سـانتی‌متـر بلنـدترین و

کوتاهترین بوته‌ها را به خود اختصاص دادند. با این وجود خمینی شهر به ترتیب با 5/2 و 17/3 بیشترین تعداد شاخه اصلی و فرعی در بوته را به خود اختصاص داد. کمترین تعداد شاخه اصلی و فرعی به ترتیب با میانگین‌های 3/1 و 15/6 مربوط به توده دزفول بود.

عملکرد و اجزای عملکرد: اثـر متقابـل سـه‌گانـه تیمارهـای آزمایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد در این آزمایش معنی‌دار نبود. در بین اثرات متقابل دوگانه تیمارهای آزمایشی، اثـر متقابـل آبیـاری و بیوچار و همچنین اثر متقابل آبیاری و توده بر عملکرد دانه و وزن صد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جـدول 3). بـر اسـاس نتـایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها کـاربرد بیوچـار در شـرایط آبیـاری نرمال و تنش خشکی عملکرد دانه را به ترتیب، بـه میـزان 24/33 و 26/66 درصد و وزن صد دانه را به ترتیب به میـزان 17/54 و 8/67 درصد افزایش داد (شکل 4). افـزایش دور آبیـاری از 4 روز بـه 8 روز عملکرد دانه و وزن صد دانه در بوته را در تمام توده‌ها کاهش داد. در توده‌های دزفول، شوشتر، اردستان، رهنان، یـزد، و خمینـی شـهر بـا افزایش دور آبیاری عملکرد دانه به ترتیب به میـزان 61/20، 47/55، 50/12، 44/71، 38/44 و 46/24 درصد و وزن صد دانه به ترتیب به میزان 20/43، 8/70، 17/22، 26/98، 26/44 و 23/11 درصد کاهش یافت (شکل 5).

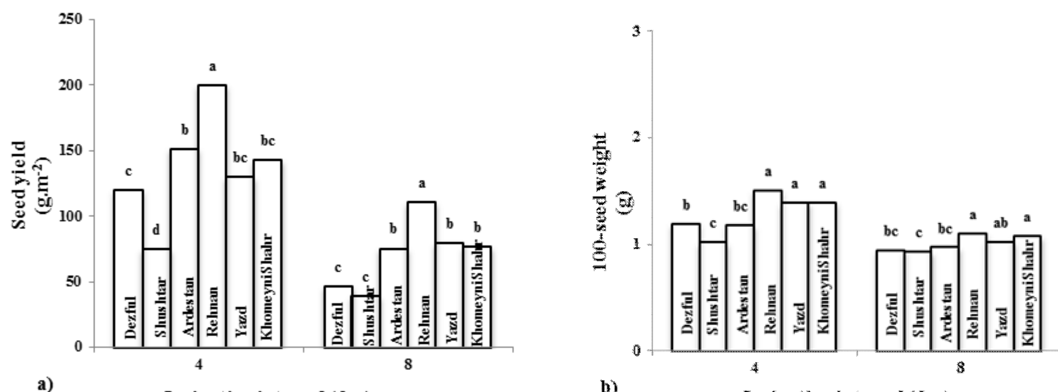


شکل 4- مقایسه میانگین a) عملکرد دانه (گرم در مترمربع) و b) وزن صد دانه (گرم) شنبلیله تحت تأثیر آبیاری و بیوچار

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد ندارند. حروف نشان‌دهنده مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی می‌باشد

Fig. 4- Interaction effect of biochar and irrigation interval on a) seed yield ($g.m^{-2}$) and b) 100-seed weight (g) of fenugreek

Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$). The letters shows sliced mean comparisons



شکل 5- مقایسه میانگین a) عملکرد دانه (گرم در مترمربع) و b) وزن صد دانه (گرم) شنبلیله تحت تأثیر آبیاری و توده

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد ندارند. حروف نشان‌دهنده مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی می‌باشد

Fig. 5- Interaction effect of landrace and irrigation interval on a) seed yield ($g.m^{-2}$) and b) 100-seed weight (g) of fengureek

Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$). The letters shows sliced mean comparisons

میانگین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر اثرات متقابل تیمارها قرار نگرفتند (جدول 3). در میان توده‌ها، رهنان به ترتیب با میانگین‌های 155/71 گرم در متر مربع، 1/31 گرم و 46/50 بیشترین عملکرد دانه، وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص داد. بیشترین تعداد دانه در غلاف با میانگین 14/38 در توده خمینی‌شهر مشاهده شد. شوشتر به ترتیب با میانگین‌های 57/30 گرم در متر مربع، 0/97 گرم، 17/20 و 9/61 کمترین عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف را خود اختصاص داد. با توجه به روند مشابه تغییرات وزن صد دانه و عملکرد دانه در پاسخ به تیمارهای آزمایشی می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای آزمایشی بیشتر با تاثیر بر وزن دانه‌ها تا با تأثیر بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، بر عملکرد تأثیر گذاشته‌اند.

نتایج بدست‌آمده هم‌راستا با نتایج حاصل از تحقیقات برادران و همکاران (Baradaran et al., 2013) اثر کاهشی تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه شنبلیله را نشان می‌دهد. آنها در بررسی اثرات دور آبیاری (4، 8 و 12 روز) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه شنبلیله نشان دادند که با افزایش دور آبیاری از 4 به 12 روز، ارتفاع گیاه به میزان 42/8 درصد؛ تعداد غلاف در بوته به میزان 38/6 درصد؛ تعداد بذر در غلاف به میزان 29/1 درصد و وزن هزار دانه به میزان 17/9 درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد دانه و علوفه شنبلیله با کاهش آب مصرفی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد (Sreevalli et al., 2001). بقای گیاه در شرایط تنش رطوبتی محدودکننده، مستلزم توانایی آن در بقاء در شرایط اسمزی شدید حاصل از خشکی است. نگهداری وضعیت رطوبتی در حد بهینه و حفظ ساختار پلی‌مرهای زیستی در شرایط تنش برای بقای گیاه بسیار مهم است (Kuzentsov & Shevykova, 1999). گیاهان تحت شرایط تنش خشکی شاخص سطح برگ خود را از طریق لوله کردن برگ‌ها و یا پیری و ریزش زودهنگام آنها کاهش می‌دهند (Seetseng, 2008). گسترش سطح برگ یک فاکتور کلیدی در دریافت تشعشع خورشیدی و تبادل انرژی و آب در گیاه (De Jesus et al., 2001) و تجمع زیست‌توده (Sinclair et al., 2004) می‌باشد. برای به وجود آمدن دانه، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده آن می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد دانه شود. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها خصوصاً در ساقه و برگ‌هاست. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام‌ها محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها با ارتفاع کوتاه‌تر گیاهان تشخیص داد. به‌علاوه در شرایط کم آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد (Mandal et al., 1988). متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً اجزای عملکرد آن دچار نقصان می‌شود.

اختر و همکاران (Akhtar et al., 2014) در بررسی تأثیر بیوچار بر رشد و عملکرد گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در شرایط مختلف آبیاری نتایج مشابهی را گزارش نمودند. آنها نشان دادند که تیمار بیوچار عملکرد میوه را در آبیاری کامل 20 درصد و در شرایط کم‌آبیاری شش درصد افزایش می‌دهد. آنها نشان دادند افزودن بیوچار مخلوط سبوس برنج و پوسته پنبه دانه به میزان پنج درصد وزنی خاک به خاک لومی شنی محتوای آب حجمی خاک و کارایی مصرف آب را در شرایط کم آبیاری افزایش و وضعیت آبی گیاه را در قالب بهبود محتوای رطوبت نسبی، پایداری غشاء و ظرفیت نگهداری آب بهبود می‌بخشد.

تاثیرات مثبت کاربرد انواع مختلف بیوچار بر زیست‌توده و عملکرد دانه مکرراً گزارش و به مکانیسم‌های متعددی شامل افزودن مستقیم عناصر غذایی به خاک، افزایش دسترسی و حفظ عناصر غذایی از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تأثیرات مثبت بر میکروارگانیسم خاک گزارش‌شده است (Lehmann & Rondon, 2006; Glaser et al., 2002). مطالعات زیادی بر بررسی تأثیر بیوچار بر عملکرد محصول، حفظ رطوبت را به عنوان عامل کلیدی در نتایج خود عنوان کرده‌اند (Sohi et al., 2010).

همچنین گزارش‌های بسیار کمی از تأثیر کاربرد بیوچار سبوس برنج بر عملکرد گیاهان زراعی وجود دارد. مشابه نتایج به دست آمده

از تحقیق حاضر، تأثیرات مثبت کاربرد بیوچار سبوس برنج بر محصول ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr) در سال 1380 توسط FFTC[1] گزارش شد بااین‌وجود دلایل این پاسخ مثبت به‌خوبی شناخته‌نشده‌اند. هافله و همکاران (Haefele et al., 2011) نیز گزارش کردند که کاربرد بیوچار سبوس برنج در خاک فقیر و مواجه با تنش خشکی به وضوح تأثیرات مثبت چه به تنهایی و چه به همراه کودهای غیرآلی بر رشد و عملکرد برنج (افزایش 16-35 درصدی در عملکرد دانه) داشته است در حالی که افزودن بیوچار به خاک حاصلخیز تأثیر کمی را به‌دنبال داشت (Haefele et al., 2011).

افزایش ظرفیت نگهداری آب به دلیل قابلیت جذب بالا و ساختار متخلخل بیوچار در خاک در مطالعات متعددی گزارش‌شده است (Novak et al., 2009a; Artiola et al., 2012; Chan et al., 2007; Basso et al., 2013). این بدان معنی است که خاک‌های اصلاح‌شده با بیوچار منجر به حفظ بیشتر آب حاصل از بارندگی و در نتیجه افزایش تولید محصول در کشاورزی دیم و کاهش میزان آب آبیاری مورد نیاز در کشاورزی آبی می‌گردد (Jeffery et al., 2011).

وزن مخصوص ظاهری یک از مهم‌ترین خصوصیات خاک است که بر میزان نفوذ آب باران تأثیر می‌گذارد (Ueckert et al., 1978) و تحقیقات اخیر کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک در اثر افزودن بیوچار را نشان داده‌اند (Oguntunde et al., 2008; Laird et al., 2010). کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک تخلخل و هوادهی را افزایش داده و بر رشد ریشه و تنفس میکروبی تأثیر مثبت خواهد داشت. با وجود تحقیقات متعددی که در زمینه بیوچار صورت گرفته هنوز شکاف‌های زیادی در درک تاثیر بیوچار بر خصوصیات خاک و در نتیجه تاثیر بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی وجود دارد.

نتیجه‌گیری

افزودن بیوچار به میزان 8-7 درصد وزن حجمی خاک به خاک لومی با کاهش اثرات نامطلوب تنش ناشی از افزایش دور آبیاری شرایط آبی خاک را بهبود داده و در نتیجه کاربرد آن مانع از کاهش رشد و عملکرد در گیاه شنبلیه می‌گردد. نتایج این تحقیق می‌تواند در تولید گیاهان دارویی در شرایط و مناطق خشک مورد توجه قرار گیرد.

منابع

Ahmadi, M.R., and Javidfar, F. 2000. Evaluation and drought tolerance improvement methods in oil species of Brassica genus. Agricultural Research and Education Organization Press, Karaj, Iran. (In Persian)

Akhtar, S.S., Li, G., Andersen M.N., and Liu, F. 2014. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. Agricultural Water Management 138: 37-44.

Angus, J.F., and Van Herwaarden, A.F. 2001. Increasing water use and water use efficiency in dryland wheat. Agronomy Journal 93: 290-298.

Artiola, J.F., Craig R., and Robert, F. 2012. Effects of a biochar-amended alkaline soil on the growth of Romaine lettuce and bermudagrass. Soil Science 177: 561-570.

Atkinson, C.J., Fitzgerald, J.D., and Hipps, N.A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. Plant and Soil 337: 1-18.

Baradaran, R., Shokhmgar, M., Mosavi, G., and Arazmjo, E. 2013. Effects of irrigation interval and nitrogen on seed yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*). Journal of Horticultural Sciences 27(3): 295-300.

Basso, A.S., Miguez, F.E., David, A.L., Robert, H., and Westgate, M. 2013. Assessing potential of biochar for increasing water-holding capacity of sandy soils. GCB Bioenergy 5(2): 132-143.

Brodowski, S., Amelung, W., Haumaier, L., and Zech, W. 2007. Black carbon contribution to stable humus in German arable soils. Geoderma 139:220-228.

Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., and Joseph, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. Australian journal of soil research 45: 629.

Deng, X.P., Shan, L., Zhang, H., and Turner, N.C. 2006. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of china. Agricultural water management 80: 23-40.

1- Food and Fertilizer Technology Center

De Jesus, W.C., Do Vale, F.X.R., Coelho, R.R., and Costa, L.C. 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. Agronomy Journal 93: 989-991.

FAO. 2006. World reference base for soil resources 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 128 pp.

FFTC. 2007. Managing the carbon cycle. Katanning workshop 21-22 March 2007. WWW.amazingcarbon.com.

Glaser, B., Lehmann, J., and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal- a review. Biology and Fertility of Soils 35: 219-230.

Haefele, S.M., Konboon, Y., Wongboon, W., Amarante, S., Maarifat, A.A., Pfeiffer, E.M., and Knoblauch, C. 2011. Effect and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. Field Crops Research 121: 430-440.

Harris, P., 1999. On charcoal. Interdisciplinary Science Reviews 24: 301-306.

Hatfield, J.L., Sauer, T.J., and Prueger, J.H. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. Agronomy Journal 280: 271-280.

Howell, T.A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Agronomy journal 93: 281-289.

Jeffery, S., Verheijen, F.C., Van Der Velde, M., and Bastos, C. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture, Ecosystems, and environment 144:175-187.

Kuhlbusch, T.A.J., and Crutzen, P.J. 1995. Toward a global estimate of black carbon in residues of vegetation fires representing a sink of atmospheric CO_2 and a source of O_2. Global Biogeochemical Cycles 9: 491-501.

Kuzentsov, V.I., and Shevykova, N.I. 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism, and regulation. Russian Journal of Plant Physiology 46: 274-287.

Laird, D., Fleming, P., Davis, D.D., Horton, R., Wang, B., and Karlen, D.L. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. Geoderma 158: 443-449.

Lehmann, J., and Rondon, M. 2006. Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. In: N. Uphoff, N., Ball,. A.S., Palm, C., Fernandes, E., Pretty, J., Herrren, H., Sanchez, P., Husson, O., Sanginga, N., Laing, M., and Thies, J. (eds.) Biological Approaches to Sustainable Soil Systems, CRC Press, Boca Raton, FL, pp 517-530.

Lehmann, J., Gaunt, J., and Rondon, M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11: 403-427.

Lehmann, J., Kern, D.C., Glaser, B., and Woods, W.I. 2003. Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. P. 105-124.

Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., and Crowley, D. 2011. Biochar effect on soil biota- a review. Soil biology and biochemistry 43: 1812-1836.

Mandal, B.K., Ray, P.K., and Dasgupta, S. 1986. Water use by Wheat, Chickpea and Mustard grown as sole crops and intercrops. Indian Journal of Agricultural Sciences 56: 187-193.

Novak, J.M., Lima, I., Xing, B.S., Gaskin, J.W., Steiner, C., Das, K.C., Ahmedna, M., Rehrah, D., Watts, D.W., Busscher, W.J., and Schomberg, H. 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. Annals of Environmental Science 3: 195-206.

Oguntunde, P.G., Abiodun, B.J., Ajayi, A.E., and Van De Giesen, N. 2008. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171: 591-596.

Oki, T., and Kanae, S. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. Science (New York, N.Y.), 313 (August 25), 1068-1072.

Seetseng, K.A. 2008. Effect of water application and plant density on canola (*Brassica napus* L.) in the Free State. M.S. thesis, University of the Free State Bloemfontein.

Sinclair, T.R., Gilbert, R.A., Perdomo, R.E., Shine JR J.M., Powell, G., and Montes, G. 2004. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. Field Crops Research 88: 171-178.

Sohi, S.P., Krull, E., Lopez-Capel, E., and Bol, R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. Advances in Agronomy 105: 47-82.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R.S, and Kulkarni, R.N. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in periwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic plant Science 22: 356-358.

Streubel, J.D., Collins, H.P., Garcia-Perez, M., Tarara, J., Granatstein, D., and Kruger, C.E. 2011. Influence of

contrasting biochar types on five soils at increasing rate of application. Soil Biology & Biochemistry 75: 1402-1413.

Ueckert, D.N., Whigham, T.L., and Spears, B.M. 1978. Effect of soil burning on infiltration, sediment, and other soil properties in mesquite: tobosagrass community. Journal of range management 31: 420-425.

Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I.F., Anshori, S., and Ogawa, M. 2006. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea, peanut and soil chemical properties in south Sumatra, Indonesia. Soil Science and Plant Nutrition 52: 489-495.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 403-415

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 415-403

Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Landraces Response to Biochar Application under Deficit Irrigation

Z. Bitarafan[1], H.R. Asghari[2*], T. Hasanloo[3], A. Gholami[2] and F. Moradi[3]

Submitted: 20-09-2017
Accepted: 01-01-2018

Bitarafan, Z., Asghari, H. R., Hasanloo,T., Gholami, A and Moradi, F.2019. Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Landraces Response to Biochar Application under Deficit Irrigation. Journal of Agroecology 11 (2): 403-415.

Introduction

Biochar which is producing by thermal decomposition of organic material under limited supply of oxygen and relatively low temperatures, produces with the intent to be applied as a technique for improving soil properties. Adding biochar to the soils boosts soil fertility and improves the porosity, moisture, cation exchange capacity, pH, and development and reproduction of microbes in the long term. Research indicated that biochar potentially enhanced soil water holding capacity. This infers that soil amendment with biochar may improve crop productivity by retaining more water from rainfall in arid regions and reduce the frequency/amount of irrigation water in irrigated regions. Currently there is no logical method to increase precipitation during drought periods, therefore using drought resistance cultivars and appropriate agricultural techniques are the best solution to deal with this problem. Using soil amendments like biochar to increase water retention has been considered for a long time to decrease the drought effects. This study aimed to assess the effect of biochar on growth and yield of fenugreek landraces under deficit irrigation.

Material and methods

To assess the effect of biochar on growth and yield of fenugreek landraces under deficit irrigation, a field experiment was conducted in 2015 at the Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran. Six branched fenugreek landraces including Dezful, Shushtar, Ardestan, Rehnan, Yazd, and KhomeyniShahr were treated by biochar application and non-application under 2 different irrigation intervals. A split plot factorial experiment in a randomized complete block design with three replications was used. Each plot had the size of 4 m × 2.5 m with a plant density of 40 plant m^{-2}. Biochar was derived from rice husk at 500°C in an oxygen depleted environment. Biochar application rate was calculated based on bulk density for the 30 cm layer of the soil (8:92 v/v) and added to the top layer of the soil. Increasing irrigation interval from 4 to 8 days applied from 50% of flowering stage. Seeds were sown on May 10th and mature plants were harvested on November 11th. Plant height, number of main and secondary branches, as well as yield and yield components were measured. Statistical analyses were done using SAS (9.2) software.

Results and discussion

According to the results, assessed traits were not significantly affected by triple interaction effect of treatments and also double interaction effect of landrace and biochar. But biochar application increased the number of main and secondary branches, 100-seed weight, and seed yield on 4 days irrigation interval by 19.75, 18.13, 17.54, and 24.33%, respectively and on 8-days irrigation interval by 2.61, 19.52, 8.67, and 26.66%, respectively. Moreover, increasing irrigation interval decreased plant height by 22.42, 22.01, 27.23, 13.66, 27.13, 26.62%; the number of main branches by 6.18, 7.92, 31.84, 16.66, 24.22%, 32.97%; the number of secondary

1 and 2- Ph.D. Student of Agronomy and Associate Professor at Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, respectively.
3- Assistant Professor at Department of Molecular Physiology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran.
(*- Corresponding Author Email: hamidasghari@gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v11i2.67531

branches by 40.54, 39.09, 40.99, 39.83, 40.89, 40.88%; 100-seed weight by 20.43, 8.70, 17.22, 26.98, 26.44, 23.11%; and seed yield by 61.20, 47.55, 50.12, 44.71, 38.44, 46.24% in Dezful, Shushtar, Ardestan, Rehnan, Yazd, and KhomeyniShahr landraces, respectively. However, the number of pods plant^{-1} and seeds pod^{-1} were not significantly affected by interaction effects of treatments. Several studies showed the reduction of crop growth and production under water deficit. Baradaran et al. (2013) also indicated increase in irrigation intervals decreased plant height, the number of pods, the number of seeds pod^{-1}, and thousand-seed weight in fenugreek. This results are due to increase in allocation of photosynthetic material to roots than shoot resulting in smaller plants with less leaf area as a key factor in receiving solar radiation, water and energy exchange, and biomass production. Several studies reported increased water holding capacity by biochar addition because of its high adsorption capacity and porous structure. Akhtar et al. (2014) also reported that addition of biochar increased the soil moisture content in deficit irrigation which consequently improved physiology, yield and quality of tomato compared with non-biochar control.

Conclusion

In conclusion, adding biochar at a concentration of 7-8% to a loamy soil reduced the effect of water deficit on fenugreek growth and seed yield. Biochar increase seed yield by increasing seed weight rather than the number of pods.plant^{-1} and seeds.pod^{-1}.

Keywords: Biochar, Fenugreek, Irrigation interval, Landrace, Yield and yield components